



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# VALAISTUKSEN UUSIMINEN

Tampereen ammattikorkeakoulu C-rakennus

Juho Niitty-Uotila

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2017  
Talotekniikan koulutusohjelma  
Sähköinen talotekniikka



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Talotekniikan koulutusohjelma  
Sähköinen talotekniikka

NIITTY-UOTILA, JUHO:  
Valaistuksen uusiminen

Opinnäytetyö 61 sivua, joista liitteitä 9 sivua  
Huhtikuu 2017

---

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli tarkastella Tampereen ammattikorkeakoulun C-rakennuksen opetustilojen valaistusta ja miettiä niihin energiatehokkaammat ratkaisut, tilojen käyttöolosuhteet ja standardit huomioiden. Automatisoidut ohjaukset tuovat energiasäästöjä, sekä käyttömukavuutta, mutta valaisimien täytyy sopia tähän tarkoitukseen ja keskkukseen tarvitaan myös uusia komponentteja valaistusta ohjaamaan. Työn tavoitteena oli saada aikaan valaisin- ja komponenttivalinnat ja laskea niiden hankintakustannukset, takaisinmaksuajat sekä potentiaalinen energiansäästö.

Opinnäytetyö tehtiin Tampereen ammattikorkeakoululle. Opinnäytetyön tilaajan edustajina toimi kiinteistöpäällikkö Petri Ojala ja kiinteistöhuollon sähkömestari Jarmo Lehtonen. Tilaajan edustajat määrittivät vaatimukset tilojen valaistukselle.

Työssä käsiteltiin läpi valaistuksen energiatehokkuuteen vaikuttavia asioita, valaistuksen suunnitteluun liittyviä valosuureita ja valaistusstandardin SFS 12464-1:2011 määrittämiä vaatimuksia. Työssä myös mallinnettiin rakennus käyttämällä Dialux Evo -ohjelmaa, jolla laskettiin tilojen valaistusominaisuudet.

Työn tuloksena saatiin selvitettyä alustavat kustannus- ja hyötyarviot, sekä takaisinmaksuajat. Nämä tiedot välitetään kiinteistön ylläpidosta vastuussa oleville tahoille, jotka laskelmien perusteella tekevät päätöksen kohteen tarkemmasta suunnittelusta ja toteuttamisesta.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme of Building Services Engineering  
Electrical Building Services

NIITTY-UOTILA, JUHO:  
Remaking of Lighting  
Tampere University of Applied Sciences

Bachelor's thesis 61 pages, appendices 9 pages  
April 2017

---

The purpose of this thesis was to inspect lighting in the C-wing at the premises of Tampere University of Applied Sciences and to choose more energy efficient solutions while observing standards and operating circumstances. Automated controls bring energy savings and ease of use, but luminaires have to be suitable for this purpose and new components are needed in the switchboard to control the lighting. The main goals of this thesis were to make luminaire and component choices, and calculate costs, payback times and potential energy savings.

In this thesis, discussion is provided on things that have an effect on energy efficiency, the features of different light quantities in view of lighting design, and the requirements set by standards. A 3D model of the building was also made to measure lighting in the premises.

As a result of thesis, rudimentary calculations of expenses, benefits and payback times were made. This information will be given to people responsible of maintaining the property, who will then use it when they decide on the details of the planning and realization stages.

---

Key words: lighting, energy efficiency, lighting of education premises

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	TYÖN KOHTEET .....	8
2.1	Y-kampus.....	10
2.2	2.krs.....	13
2.3	3.krs.....	15
2.4	4.krs.....	18
3	VALAISTUKSEN ENERGIA TEHOKKUUS.....	20
3.1	Valaistuksen energiankulutus .....	20
3.2	Valonlähteet ja valaisimet.....	22
3.3	Luonnonvalon käyttäminen .....	23
3.4	Läsnäolotunnistus .....	24
4	VALAISTUKSEN SUUNNITTELU.....	25
4.1	Valovirta .....	25
4.2	Valotehokkuus .....	25
4.3	Valovoima.....	26
4.4	Valaistusvoimakkuus .....	27
4.5	Valaistuksen tasaisuus .....	28
4.6	Väriämpötila .....	28
4.7	Värintoistoindeksi .....	29
4.8	Valaistusstandardi SFS 12464-1:2011 .....	30
4.8.1	Työalueet.....	30
4.8.2	Työalueen valaistusvoimakkuus .....	31
4.8.3	Lähi- ja tausta-alueen valaistusvoimakkuus.....	32
4.8.4	Valaistuksen tasaisuus.....	33
4.8.5	Kiusahäikäisy .....	33
4.8.6	Sylinterivalaistusvoimakkuus .....	34
4.8.7	Muodonanto .....	34
4.8.8	Värintoisto.....	35
5	VALAISTUSSUUNNITTELU TAMKIN C-TALOON.....	36
5.1	Ymmärtäminen .....	36
5.2	Havainnointi.....	36
5.3	Visualisointi .....	37
5.4	Arviointi.....	42
5.4.1	Valaisimet .....	42
5.4.2	Ohjauslaitteet.....	45
5.4.3	Keskuskomponentit.....	48

5.4.4 Kustannusarviot, hyödyt ja takaisinmaksuajat .....	49
6 POHDINTA.....	51
LÄHTEET .....	52
LIITTEET .....	53
Liite 1. Laitteet 1.krs .....	53
Liite 2. Laitteet 2.krs .....	54
Liite 3. Laitteet 3.krs .....	55
Liite 4. Laitteet 4.krs .....	56
Liite 5. Laitteet koko rakennus .....	57
Liite 6. Laskelmat 1.krs .....	58
Liite 7. Laskelmat 2.krs .....	59
Liite 8. Laskelmat 3.krs .....	60
Liite 9. Laskelmat 4.krs .....	61

**ERITYISSANASTO tai LYHENTEET JA TERMIT (valitse jompikumpi)**

TAMK	Tampereen ammattikorkeakoulu
$\phi$	Valovirta lumen (lm), ilmaisee valonlähteen tuottaman kokonaisvalomäärän
$\eta$	Valotehokkuus (lm/W)
E	Valaistusvoimakkuus luks (lx), kuvaa tietylle pinnalle saapuvan valovirran määrän
$\bar{E}_m$	Keskimääräinen valaistusvoimakkuus
$\bar{E}_z$	Keskimääräinen sylinterivalaistusvoimakkuus
I	Valovoima kandela (cd), ilmaisee valonsäteilyn määrän tiettyyn suuntaan
L	Luminanssi kandela neliömetrille ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ), kuvaa kohteen valontiheyttä eli pintakirkkautta
$R_a$	Värintoisto indeksi (0-100%), kertoo valonlähteen kyvyn toistaa värejä
$U_0$	Tasaisuus ( $E_{min}/E_m$ ), kuvaa määritetyn pinnan valaistusvoimakkuuden minimiarvon suhdetta keskiarvoon
UGR	Unified Glare Rating, kiusahäikäisyindeksi
DALI	Digital Addressable Lighting Interface (Osoitteellinen valaistuksen ohjausjärjestelmä)
KNX	Kiinteistöautomaatiostandardi
EnOcean	Langaton valaistuksen ohjausjärjestelmä

## 1 JOHDANTO

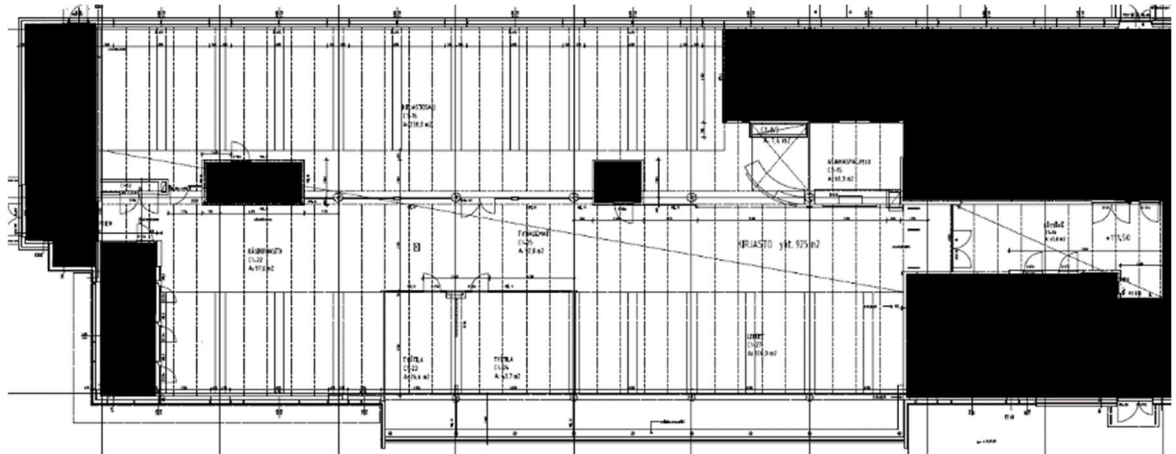
Tämän opinnäytetyön tarkoitus on tarkastella Tampereen ammattikorkeakoulun C-rakennuksen opetustilojen valaistusta ja miettiä niihin energiatehokkaammat ratkaisut, tilojen käyttöolosuhteet ja standardit huomioiden. Automatisoidut ohjaukset tuovat energiasäästöjä, sekä käyttömukavuutta, mutta valaisimien täytyy olla tähän tarkoituksen sopivia ja keskukseen tarvitaan myös uusia komponentteja valaistusta ohjaamaan. Työn tavoitteena on suunnitella valaisin- ja ohjausratkaisut ja laskea niiden hankintakustannukset, takaisinmaksuajat sekä potentiaalinen energiansäästö.

Valaistuksella on huomattava vaikutus ihmisten hyvinvointiin ja opetustiloissa voidaankin joutua viettämään pitkiä aikoja, joten on tärkeää, että valaistus on hyvä, ei pelkästään näkemisen kannalta, vaan myös vireystilan ylläpitämiseksi. Valaistuksen tehokkuuteen ja sijoitteluun vaikuttavat olennaisesti valaisimet ja niiden käyttämät valonlähteet. Opetustilojen käyttötarkoitukset taas saattavat vaihdella, joten olisi suotavaa, että valaistusta pystyttäisiin säätämään käyttötarkoituksen mukaan. Energiatehokkuutta ajatellen valaisimien ja valonlähteiden pitäisi olla mahdollisimman energiatehokkaita ja ohjauksen tulisi huolehtia, etteivät valot tiloissa olisi turhaan päällä.

SFS-EN 12464-1:2011 ”Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus. Osa 1: Sisätilojen työkohteiden valaistus”-standardi kertoo valaistukselle vähimmäisvaatimukset ja auttaa näin ollen määrittämään tiloille oikeanlaiset valaistuselementit.

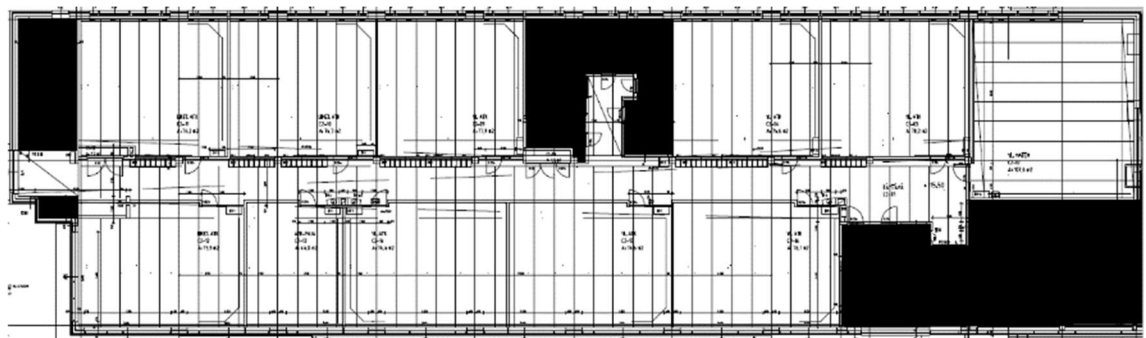
## 2 TYÖN KOHTEET

Työssä käsitellään Tampereen ammattikorkeakoulun Kuntokatu 3:ssa sijaitsevan C-rakennuksen opetustiloja. Ensimmäisessä kerroksessa sijaitsee Y-kampus, joka on ns. suuri opetustila ja sitä käytetään yritysopintojen, esitysten ja ryhmätyöskentelyn parissa.



Kuva 1. Y-kampus. (Tampereen ammattikorkeakoulu)

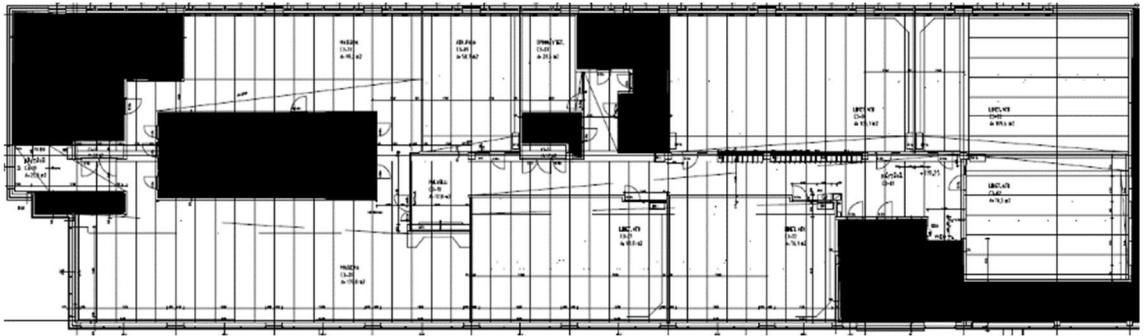
Toisessa kerroksessa on atk-luokkia ja teorialuokkia.



Kuva 2. C-rakennuksen toinen kerros. (Tampereen ammattikorkeakoulu)

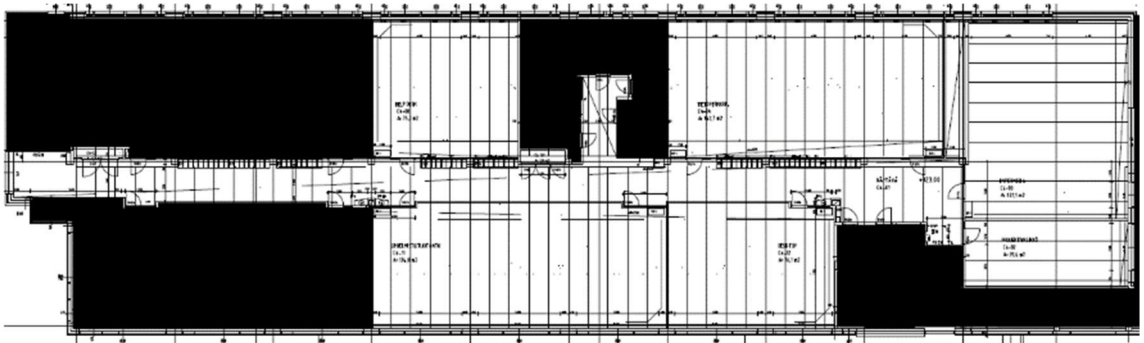


C-rakennuksen kolmannessa kerroksessa on atk-tiloja ja monitoimitiloja.



Kuva 3. C-rakennuksen kolmas kerros. (Tampereen ammattikorkeakoulu)

C-rakennuksen 4.kerroksessa on atk-luokkia ja monitoimitiloja.



Kuva 4. C-rakennuksen neljäs kerros. (Tampereen ammattikorkeakoulu)

## 2.1 Y-kampus

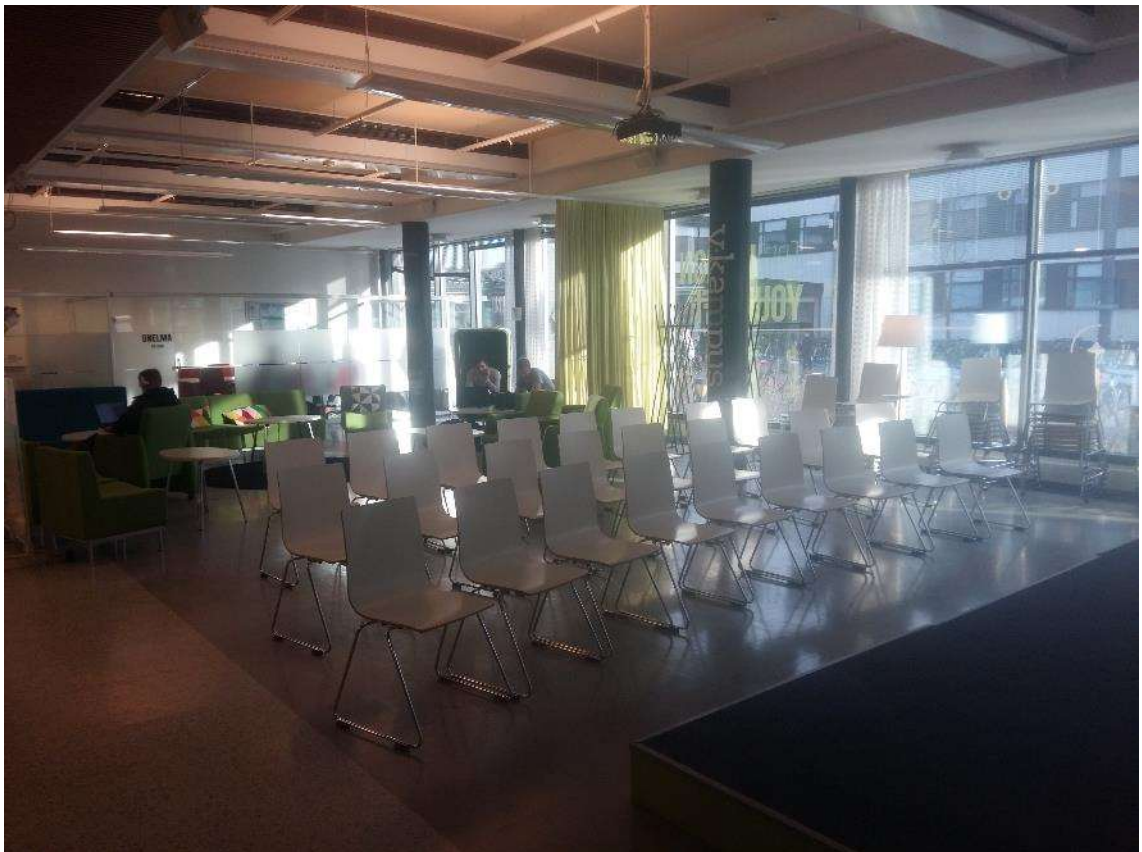
Y-kampuksen valaistus on tällä hetkellä toteutettu viidellä eri valaisintyypillä. Position 1 valaisimet ovat Idman Oy:n valmistamia FUTURO 172 23 TL5-ripustinvalaisimia, joiden valonlähteenä toimii 3x35W TL5 loisteputket. Valaisimia on sijoitettuna ryhmätyökoppialueella ensimmäisenä rivinä ikkunoiden vieressä, lasikoppien yläpuolella, luentotila 2: n alueella, sekä työtiloissa C1-23 ja C1-24 (kuvat 5, 7, 8 ja 9).

Position 3 valaisimet ovat Oy Luxo-Boréns Ab: n DISC 5296.31- mallia ja ovat pintaan asennettuja kattovalaisimia. Niitä on 11 kpl asennettuna tilojen C1-23, C1-24 ja luentotila 1: n ikkunan edessä olevaan välikattoon (kuvat 5 ja 9).

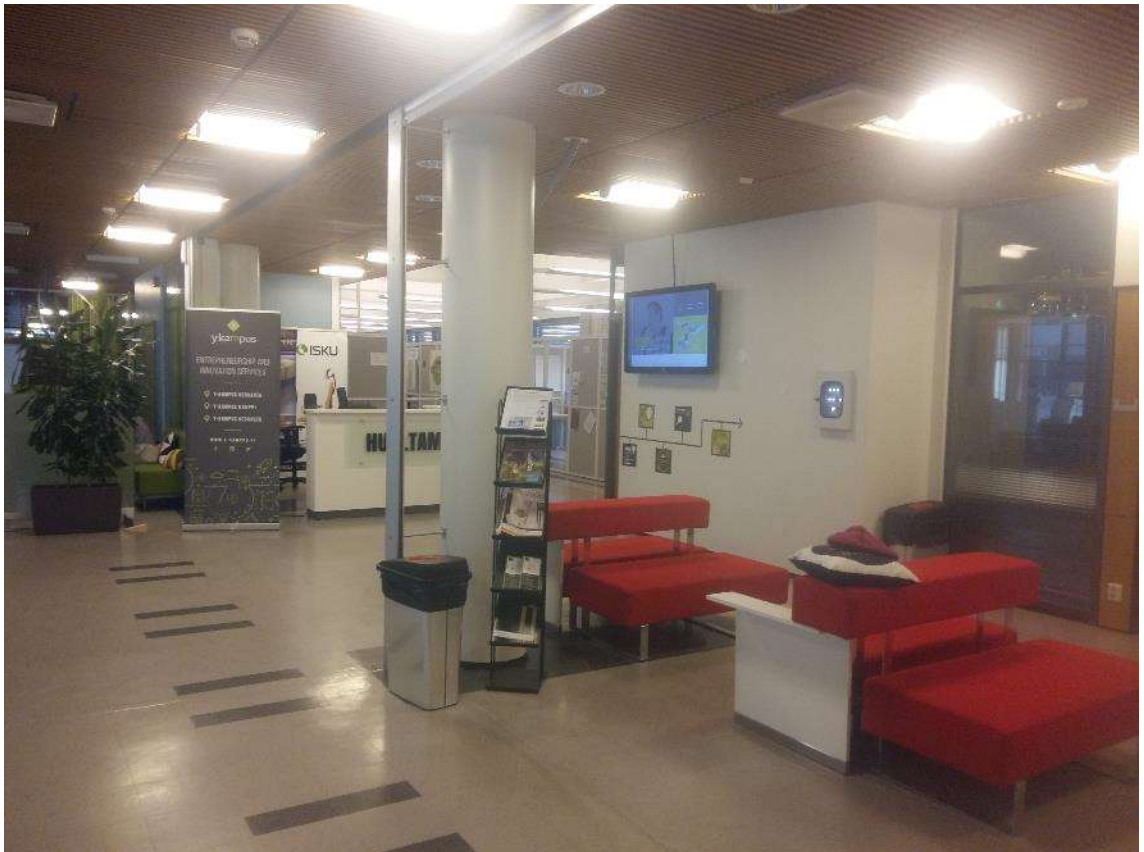
Position 4 valaisimet ovat Idman Oy:n MODULA WING 189 20-moduulivalaisimia, joiden valonlähteenä toimii 2x40W TL loisteputket. Valaisimia on alakatossa tasaisin välein (kuva 6).

Position 24 valaisimet ovat Idman Oy:n POINT 374 20/15 113H alasvalo-valaisimia, joiden valonlähteenä toimii 32W TC-T. Valaisimia on alakatossa aula-alueella ja käytävällä hissien läheisyydessä.

Position 36 valaisimet ovat Idman Oy:n FUTURO 174 20 TL5-ripustinvalaisimia. Valaisimia on ryhmätyökoppialueella ja luentotila 1: n valaistuksena (kuvat 5 ja 7).



Kuva 5. Y-kampus luentotila 1.



Kuva 6. Y-kampus aula.



Kuva 7. Y-kampus ryhmätyökopit.





Kuva 8. Y-kampus luentosali 2.



Kuva 9. Työtilat C1-23 ja C1-24.

## 2.2 2.krs

C-rakennuksen toisessa kerroksessa on 11 luokkatilaa, joiden valaistus on toteutettu tasaisesti sijoittamalla niihin Idman Oy:n valmistamia 6384S-258HFR valaisimia tasaisesti, lukumäärän vaihtuessa tilan koon mukaan. Luokkien valaistus on himmennettävissä 1-10V ohjauksella ja valaisimien valonlähteenä toimii 2 kpl 58W loistelamppua. Valaisimia luokissa on yht. 133 kpl. Valaisimien positio numero on 18 (kuvat 10 ja 11).

Käytävän valaistus on tehty upottamalla alakattoon 23 kpl Thorn Lighting Oy:n IQLn 136- valaisimia. Käytävä valaisimien positio on 22. Käytävien valoja ohjaa aikaohjaus (kuva 12).



Kuva 10. C2-02 ATK-luokka.





Kuva 11. C2-15 teorialuokka.



Kuva 12. 2.krs käytävä.

## 2.3 3.krs

Kolmannessa kerroksessa on ATK- luokkia ja monitoimitiloja. Valaistus on 2.kerroksen tapaan luokissa toteutettu position 18 ripustinvalaisimilla ja 1-10V ohjauksilla (kuvat 13 ja 14). Käytävän valaistus on toteutettu samaan tapaan kuin 2.kerroksessa alakattoon upotetuilla position 22 valaisimilla ja aikaohjauksella.

Poikkeus toiseen kerrokseen on tietojenkäsittelytilat C3-20 ja C3-13, jotka ovat hyvin avaria tiloja ja joista löytyy sohvia, telkkareita ja paljon tietokoneita. Näiden tilojen valaistukseen on käytetty position 31 ja 33 valaisimena Idman Oy:n Delta 218 23D-TL5228 ja positioiden 32 ja 34 valaisimena Idman Oy:n Delta 214 23D-TL5228. Molemmat valaisimet ovat ripustettavia ja ne käyttävät valonlähteenä 2x28W TL5-loisteputkia (kuvat 15, 16, ja 17).



Kuva 13. C3-02 monitoimitila.



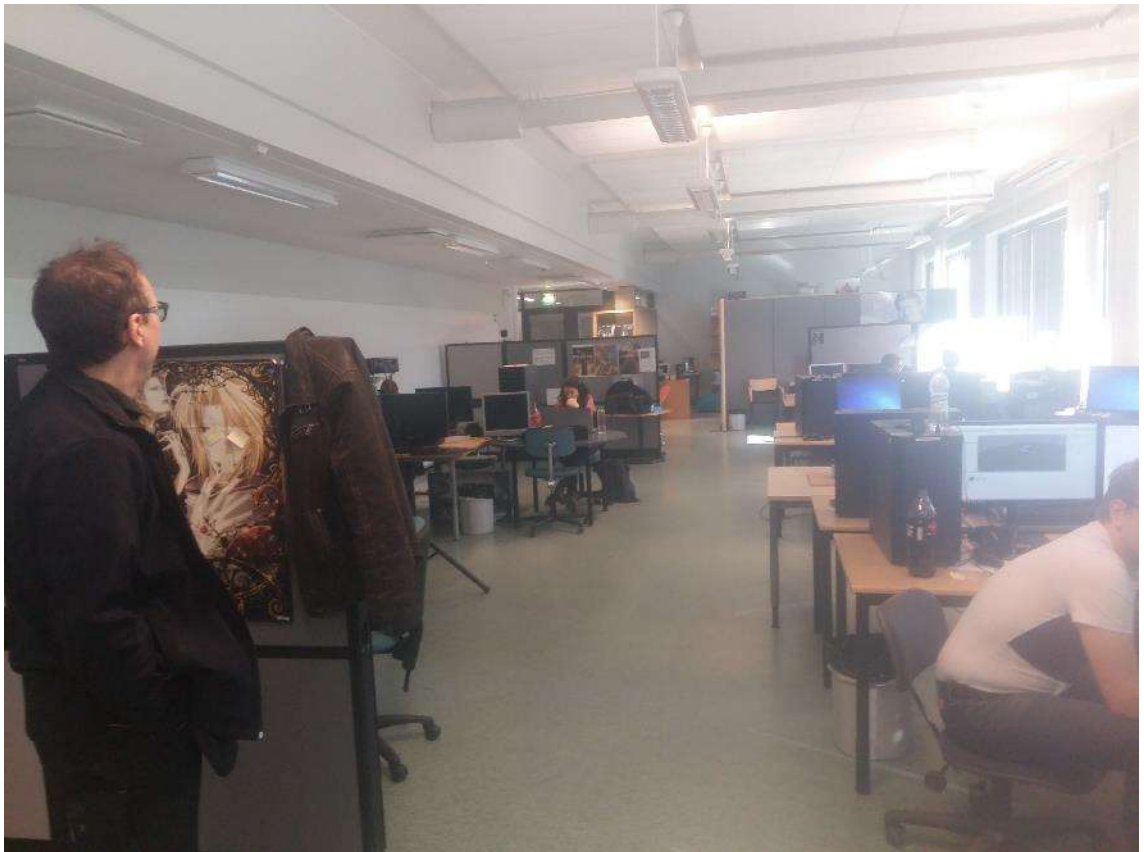


Kuva 14. C3-21 ATK-luokka.



Kuva 15. C3-13 tietojenkäsittelyn opetustila.





Kuva 16. C3-20 tietojenkäsittelyn opetustila.

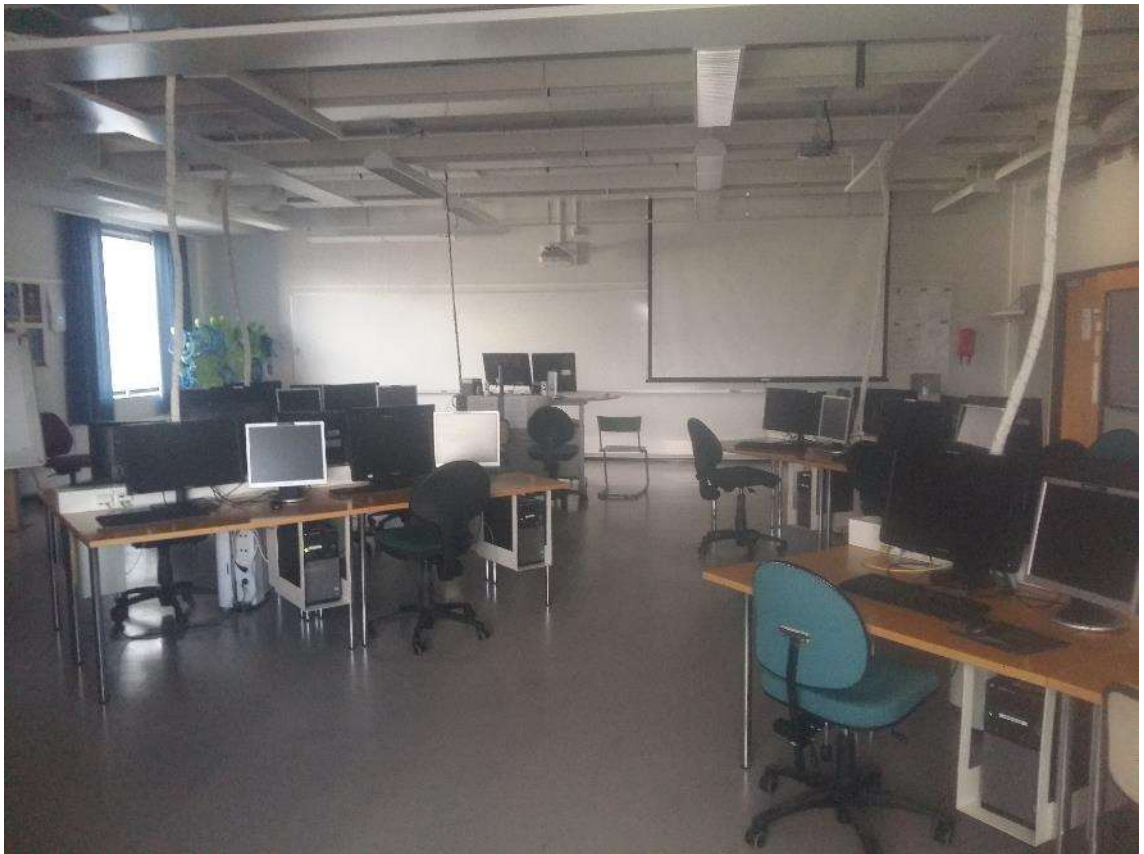


Kuva 17. C3-20 pelailunurkka.

## 2.4 4.krs

Neljännessä kerroksessa on Cisco-labra, ATK-luokkia ja monitoimitiloja. Luokissa ja labrassa on muista kerroksista tuttuun tapaan sijoitettu position 18 ripustinvalaisimia tassisin välein ja ohjauksena 1-10V säätö (kuvat 18, 19 ja 20).

Käytävä on myös toteutettu position 22 valaisimilla upotettuna alakattoon, kuten aiemmissakin kerroksissa. Käytävän ohjaus tässäkin kerroksessa on aikaohjauksella.



Kuva 18. C4-03 cisco-labra.



Kuva 19. C4 11B ATK-luokka.



Kuva 20. C4-12 monitoimitila.

### 3 VALAISTUKSEN ENERGIATEHOKKUUS

Valaistuksen energiatehokkuuteen vaikuttaa moni asia. Valaisimet ja niiden käyttämät valonlähteet määrittävät kuinka paljon sähkötehoa vaaditaan tietyn valaistustason ylläpitämiseen, kun keinovalo on ainut käytettävissä oleva valo. Ohjauksella saadaan suuria säästöjä jo pelkästään kytkemällä automaattisesti valot pois päältä tietyn ajan kuluessa, kun tilassa ei ole ketään, jotta valot eivät palaishi turhaan. Päivänvalon hyödyntämisellä voidaan valoja himmentää huomattavasti valoisaan aikaan päivästä, kun suurin osa tarvittavasta valosta saadaan toistaiseksi ilmaisesta valonlähteestä auringosta, eikä näin sähkö kulu turhaan keinovalaistuksen ylläpitämiseen.

#### 3.1 Valaistuksen energiankulutus

Valaistuksen energiatehokkuuteen vaikuttavat itse valaistusratkaisu – valonlähteet, valaisimet, ja valaistuksen toteutustapa – sekä valaistuksen käyttö. Valaisimen energiatehokkuuteen vaikuttavat lamppu, liitäntälaitte ja optiikka. Huonojen lamppuvalintojen takia valovirta alenee merkittävästi, jolloin jo suunnitteluvaiheessa valaistusta joudutaan ylivoimittamaan. Myös ympäristöllä, johon valaistusta suunnitellaan, on suuri merkitys energiatehokkaaseen valaistusratkaisuun. Tilan pintojen värit ja kalustus vaikuttavat valaistustehoon. Uudisrakennusta suunniteltaessa on myös otettava huomioon valaistuksen alenemakero, koska valon määrä muuttuu asennuksen vanhetessa lamppujen valovirran aleneman sekä huonepintojen ja valaistuslaitteiden likaantumisen ja kulumisen myötä. Tärkeimpänä valaistuksen energiatehokkuuteen vaikuttavana tekijänä on kuitenkin valaistuksen ohjaus. Huomioimalla ohjauksessa esimerkiksi päivänvalo ja läsnäolo, saadaan aikaan huomattavia säästöjä energiankulutuksessa.

Standardi SFS-EN 12464-1 antaa vähimmäisvaatimukset työalueelle, välittömälle lähiympäristölle, tausta-alueelle sekä huoneen seinille ja katolle. Haasteellisinta suunnittelijalle on työalueen koon ja paikan määrittäminen. Energiatehokkain ratkaisu on suunnitella valaistus muunneltavaksi, jos työalueen kokoa ja sijaintia ei ole tiedossa. Valaisemalla oikeaa paikkaa oikeaan aikaan, saadaan energiakulutusta pienennettyä. Muussa tapauksessa vaatima valaistus on toteutettava koko tilaan, mikä lisää energiankulutusta. Jokainen suunnitelma on yksilöllinen ja vaikka valaistuksellisesti ratkaisut olisivat toi-

mivia, energiankulutukseltaan ne voi olla hyvinkin erilaisia. Tärkeää on muistaa valaistusta suunniteltaessa, että valaistuksen laadusta ei saa tinkiä energiankulutuksen alentamiseksi.

(Ensto.com 2017, Valaistuksen energiatehokkuus.)

Kaikesta Suomessa käytetystä sähköstä noin kymmenen prosenttia kuluu valaistukseen. Joissain tiloissa valaistuksen energiankulutuksen osuus voi olla huomattavasti tätä suurempi. Esimerkiksi koulurakennuksen valaisemiseen kuluu tyypillisesti viidennes ja sairaalan jopa kolmasosa sähkönkulutuksesta, koska valoja tarvitaan ympäri vuorokauden.

Valaistuksen energiankulutus riippuu monesta seikasta – lampuista, valaisimista, valaisimien sijoittelusta ja ohjaustekniikasta. Hyödyksi saatavan valon määrään vaikuttaa myös huonepintojen ja valaisimien likaantuminen ja kuluminen.

Hyvän valaistuksen tunnusmerkkejä ovat:

- ympäristöystävällisyys;
- energiatehokkuus; ja
- muunneltavuus tilojen käyttötarkoituksen muuttuessa.

Valaistusstandardit ja viranomaismääräykset luovat perustan minimivaatimuksille. Keskeisiä ovat työpaikkojen ja turvavalaisituksen standardit. Myös urheilutilojen valoille on omat norminsa.

Valojen käyttö vain silloin kun niitä tarvitaan on tärkeimpiä yksittäisiä seikkoja valaistuksen energiankulutuksen vähentämisessä. Tämäkin voidaan nykyään hoitaa automaattisesti kehittyneen ohjaustekniikan avulla. Yhtä tärkeää on opastaa käyttäjiä toimimaan oikein.

Valaistuksen energiankulutuksen vähentäminen ei tarkoita valon määrästä tai laadusta tinkimistä. Uudella tekniikalla voidaan valaistuksen määrää ja laatua jopa parantaa, ja silti säästää käyttökustannuksissa.

(Motiva Valaistus 1.12.2016)



### 3.2 Valonlähteet ja valaisimet

Valonlähteitä on monta erilaista. Alla on kerrottu eri valonlähteiden ominaisuuksista.

Taulukko 1. Lamppujen ominaisuuksia. (Sähköturvallisuuden edistämiskeskus Valonlähteiden vertailua)

LAMPPIJEN OMINAISUUKSIA			
	Valotehokkuus lumen/W	Polttoikä tuntia	Ominaisuuksia
Hehkulamppu	11	1000	Perinteinen valonlähde, jonka käyttö loppuu huonon energiatehokkuuden takia
Halogeenilamppu 230 V	15	1800	Hehkulampun kehittyneempi versio, jolla käytyöstä poistuva hehkulamppu voidaan korvata. Ongelmana lampun kuumentuminen.
Pienoisjännitehalogeeni (12 V)	18	3000	Lamppu kuumenee jopa vaarallisesti. Tarvitsee muuntajan pienetämään jännitettä.
Pienloistelamppu ("energiansäästölamppu")	40	10000	Hehkulamppukantaan sopiva loistelamppu. Eräät tyypit syttyvät hitaasti. Syttyminen kylmässä hidasta. Kookkaampi kuin hehkulamppu.
Valkea led	75	jopa 50000	Jatkuvasti kehittyvä tulevaisuuden valolähde. Ei kestä kuumaa.
Yksikantainen loistelamppu	65	8000	Pienikokoinen loistelamppu, pistokekannalla
Kaksikantainen loistelamppu	90	15000	Pitkämallinen "loisteputki". Paljon vaihtoehtoja valon sävylle ja värintoistolle.
Elohopealamppu	50	24000	Ulkovalaistuksen valolähde, joka jää pois huonon energiatehokkuuden takia. Sinertävä valo.
Monimetallilamppu	100	10000	Ulkovalaistuksen valolähde, jossa on valkoinen valo ja hyvä värintoisto.
Suurpainenatriumlamppu	125	20000	Energiatehokas ulkovalaistuksen valolähde. Keltainen valo, huono värintoisto
Pienpainenatriumlamppu	jopa 200	18000	Energiatehokkain valolähde. Räikeän keltainen valo. Käyttö rajoitettua huonon värintoiston takia.

Yllä olevassa taulukossa on esitetty erilaisten lamppujen tyypillisiä ominaisuuksia. Yllä olevasta taulukosta poiketen, nykyään ledien valotehokkuus on n. 160lm/W. Sekä valotehokkuus että polttoikä saattavat vaihdella joillakin lampputyypeillä paljonkin.

Lamppujen polttoajan hajonta on suuri. Lampulle ilmoitettu polttoikä kertoo milloin keskimäärin puolet lampuista vielä palaa paitsi ledien tapauksessa. Se ei siis takaa, että jokin lamppuyksilö palaa niin kauan. LED-modulin elinikä määritellään ajaksi, jonka kuluttua sen tuottama valovirta on enää 70% alkuperäisestä valovirrasta. Tästä käytetään myös merkintää L70. Asiaan kuuluu, että joku lamppu kestää melko vähän aikaa ja joku toinen varsin pitkään. Jos ikää lisätään, valotehokkuus huononee.

Halpojen lamppujen polttoikä on usein lyhyempi kuin kalliimman saman tyyppisen lampun.

Pitkäikäisten lamppujen (esim. LED-lamput, loistelamput, ulkovalaistuksen lamput) valotehokkuus laskee paljonkin, kun lamppu ikääntyy. Siksi tällaisia lamppuja kannattaa vaihtaa, vaikka ne vielä toimisivatkin. Sopiva menettely voi usein olla, että kun ikääntyneestä lamppuryhmästä jokin lamppu sammuu kokonaan, vaihdetaan ryhmän kaikki lamput.

Lampun pakkauksesta selviää nykyisin paljon tietoa: energiatehokkuusluokka, valovirta, teho watteina, polttoikä. Myös syttymisnopeus, värisävy, himmennettävyyys ja käyttölämpötila on merkitty hyvään pakkaukseen.

(Sähköturvallisuuden edistämiskeskus Valonlähteiden vertailua)

Valaisimien valintaan tässä työssä vaikuttaa enemmän valaisimen ohjausmahdollisuudet, koska valaisimien pitäisi olla ohjattavissa DALI-järjestelmällä. Myös valaisimen valotehokkuudella ja käyttöiällä on toki suuri merkitys.

### **3.3 Luonnonvalon käyttäminen**

Luonnonvalon optimaalinen käyttö tilojen valaistuksessa voi tuoda merkittäviä säästöjä sähkönkulutuksessa. Valoisana päivänä ei keinovalaistusta tarvitse välttämättä pitää päällä ollenkaan. Useimpia uusia valaisimia voidaan ohjata vakiovaloanturilla. Sen avulla valaistusta säädetään päivänvalon määrän mukaisesti. Luonnonvalon lisääntyminen säättää keinovalaistusta pienemmälle ja säästää energiaa. Vastaavasti kun taas ilta rupeaa hämärtymään, keinovalaistuksen teho kasvaa niin, että valaistusvoimakkuus säilyy ohjatulla alueella vakiona. Keinovalojen säätö luonnonvalon mukaan olisi suotavaa asettaa toimimaan tarpeeksi hitaasti, jottei tiloja käyttävät ihmiset häiriintyisi valotehojen jatkuvasta muutoksesta.

Suurien alueiden ja tilojen yleisvalaistus on järkevää jakaa vyöhykkeisiin ikkunoiden ja ilmansuuntien mukaan. Näin alueille saadaan oikea määrä valoa ja säästetään myös energiaa.

### 3.4 Läsäolotunnistus

Opetustilojen valaistustarpeet voivat muuttua monia kertoja vuorokaudessa riippuen tilojen käytöstä. Opetustiloissa voi olla aamutunneilla opetusta, jonka jälkeen tilat pysyvät tyhjinä monia tunteja, kunnes seuraava opetustilaisuus alkaa.

Tällaiseen käyttöön tarkoitetut tilat olisi syytä varustaa vakiovaloantureiden lisäksi myös läsnäolotunnistimilla. Läsäolotunnistimet havaitsevat tilojen ollessa käytössä ihmiset tilassa ja pitävät valaistuksen päällä, mutta kun aamun opetustilaisuudet ovat loppuneet ja ihmiset tilasta häipyneet, kytkee läsnäolotunnistin turhat valaistukset pois päältä tietyn viiveen jälkeen. Valaisimien sytytystä varten tilaan on hyvä asentaa painikkeet.

Käytäväosuuksille kannattaa jättää pienitehoinen valaistus ainakin joihinkin kohtiin, vaikkei siellä liikettä olisikaan, jotta käytävällä liikkuva ihminen ei kokisi koko rakennusta aivan pimeäksi ja se loisi turvallisuuden tuntua.



## 4 VALAISTUKSEN SUUNNITTELU

Valaistusta suunniteltaessa on tärkeää, että saavutetaan näkötehtävälle vaaditut arvot, jotta työskentely olisi tilan käyttäjälle miellyttävää. Vaaditut arvot määrittävät standardit, tässä tapauksessa sisävalaistusstandardi SFS-EN 12464-1-2011, joka määrittelee valaistuksen vaatimukset erilaisissa työkohteissa. Tässä luvussa käydään läpi kyseinen standardi opetustilojen ja käytävien osalta ja selitetään auki valosuureita sekä oleellisia termejä, jotka on tunnettava tilojen valaistusta suunniteltaessa.

### 4.1 Valovirta

Valovirta ( $\Phi = 1 \text{ lm}$  (luumen)) ilmaisee valolähteen (lampun) näkyvän valon säteilytehon, joka on painotettu suhteellisella silmäherkkyydellä. Se siis kertoo, kuinka paljon näkyvää valoa valolähteestä saadaan kokonaisuudessaan.

Valovirtaa käytetään ilmaisemaan lappujen valontuottoa. Sitä käytetään myös valaisimien hyötysuhdetta arvioitaessa.

(Enstopro Valovirta)

### 4.2 Valotehokkuus

Valolähteiden tuottaman valon määrää suhteessa käytettyyn sähkötehoon kuvataan valotehokkuudella ( $\text{lm/W}$ ). Se voidaan laskea pelkästään lampun tuottaman valovirran ja lampun sähkötehon suhteella. Valolähteiden vertailuissa yleensä käyttökelpoisempi on järjestelmän valotehokkuus, jossa otetaan huomioon lampun sähkötehon lisäksi myös liitäntälaitteen teho.

(Enstopro Valovirta)

### 4.3 Valovoima

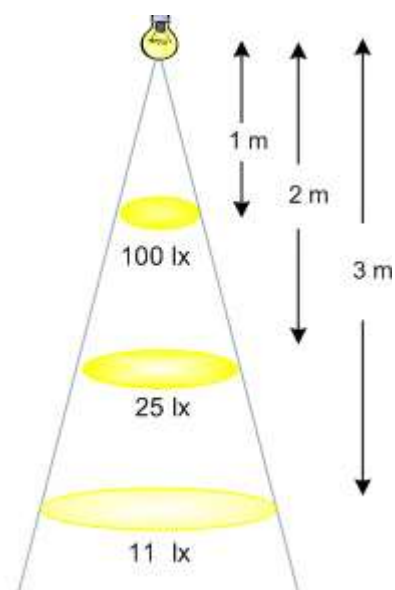
Kandela (candela, cd) mittaa valonlähteen valovoimaa eli valon intensiteettiä. Valovoima kertoo, kuinka paljon valoa lamppu säteilee johonkin tiettyyn säteilykulmaan. Yksi kandela vastaa suunnilleen tavallisen kynttilän (latinaksi ‘candela’) valon voimakkuutta tai kirkkautta.

Mitä enemmän valoa (lumeneita) lamppu tuottaa, sitä suurempi on valovoima, mikäli kohdelampun säteilykulma pysyy samana. Toisaalta, jos lamppu kohdistaa valonsa pienemmälle alueelle, on valovoima kandeloina suurempi, vaikka lampun tuottama valon määrä lumeneina olisi sama. Valovoiman lisäksi valmistajat ilmoittavat kohdelamppujen säteilykulman, jota ilman ei voi verrata kohdelamppujen tuottamaa valon määrää.

Silmän herkkyys valosäteilylle riippuu valon aallonpituudesta. Ihminen ei siis havaitse fysikaalisesti yhtä voimakkaita, mutta erivärisiä valonlähteitä yhtä voimakkaina. Herkkyys myös vaihtelee yksilöllisesti. Sen vuoksi kandela on määritelty eri aallonpituuksille siten, että se vastaa keskimääräistä näköaistimuksen voimakkuutta.

(Lampputieto.fi Valovoima-Kandela)

#### 4.4 Valaistusvoimakkuus



Kuva 21. Valaistusvoimakkuus. (Enstopro)

Valaistusvoimakkuus kuvaa valolähteen voimakkuutta valaistavalla pinnalla ja sen yksikkönä käytetään luksia (lx). Valaistusvoimakkuus riippuu muun muassa lampun valovirrasta, valaisimen optisista ominaisuuksista ja etäisyydestä valaistavasta pinnasta.

Yksi luksi on valaistusvoimakkuus, jonka yhden lumenin valovirta antaa tasaisesti jakautuessaan yhden neliömetrin alalle ( $1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$ ). Mitä kauempana pinta on valolähteestä, sitä pienempi valaistusvoimakkuus on. Jos voimakkuus on esimerkiksi 100 luksia 1 metrin etäisyydellä, se on 25 luksia 2 metrin päässä ja 4 luksia 5 metrin päässä.

Valon määrä, joka osuu pintaan, määrittelee esimerkiksi sen, miten helposti nähdään lukea sanomalehteä tai etsiä käsineitä eteisen kaapin pohjalta. Siksi valaistusvoimakkuusarvolle annetaan eri tiloihin käyttötarkoituksen mukaisia suosituksia.

(Lampputieto.fi Valaistusvoimakkuus-Luksi)

#### 4.5 Valaistuksen tasaisuus

Tasaisuusvaatimuksella varmistutaan, ettei valaistusvoimakkuudessa ole liian suuria vaihteluja. Tasaisuus (U0) määritetään tilan valaistusvoimakkuuden minimin suhteena tilan keskimääräiseen valaistusvoimakkuuteen ( $E_{min}/E_m$ ).

(Innolux.fi Valaistussuunnitteluopas)

#### 4.6 Värilämpötila

Värilämpötilan mittayksikkö on nimeltään Kelvin (K). Valon värilämpötila vaikuttaa oleellisesti valaistavana olevan tilan tunnelmaan. Mitä korkeampi kelvin-arvo, sitä sinisempi ja kylmempi valo on.

Tavallisesti hehkulampun värilämpötila on noin 2700 K, joka on väriltään hieman lämpimään taivasta valkoinen. Kodeissa käytetään yleensä matalia kelvin-arvoja, koska valkoinen ja hieman keltainen valo mielletään kotoiseksi. Halogeenilampun värilämpötila on noin 3000 K. Julkisissa tiloissa suositetaan pääasiassa kylmää ja sinertävän valkoista valoa, eli valaisimia joissa kelvin-arvo on korkea.

LED- ja energiansäästölamppujen värilämpötiloissa on enemmän vaihtelua. Energiansäästölamppuissa sävy vaihtelee neutraalista valkoisesta lämpimään valkoiseen. LED-valaisimia puolestaan saa minkä värisenä tahansa. Yli 5000 kelvinin lamppuja nimitetään päivänvalolampuiksi. Valaistuksen valinnassa on syytä ottaa huomioon värilämpötilan lisäksi myös tilan koon ja käyttötarkoituksen edellyttämä valaistusvoimakkuus, johon vaikuttaa valaisimen valon määrä.

(Limente.fi Värilämpötila)

#### 4.7 Värintoistoindeksi

Ympäristön, siinä olevien kohteiden ja ihmisten ihon värin toistuminen luonnollisena ja oikeana on tärkeää näkötehokkuuden, mukavuuden ja hyvinvoinnin kannalta. Valon hyvä värintoisto saa ihmiset näyttämään miellyttäviltä ja terveiltä.

Valonlähteiden värintoisto-ominaisuuksia määritellään yleisen värintoistoindeksin Ra avulla. Sen suurin arvo on 100. Indeksien arvo on sitä pienempi, mitä huonommat värintoisto-ominaisuudet ovat.

(Enstopro Värintoisto)

Tiloissa, joissa työskennellään tai oleskellaan pitkäaikaisesti, tulee käyttää lamppuja, joiden värintoistoindeksi on vähintään 80. Poikkeuksina voivat olla tietyt paikat ja/tai toiminnot (esim. syvästeilijätyyppiset valaistukset). Tällöin sopivilla toimenpiteillä on varmistettava, että valaistuksen värintoisto on parempi kiinteillä jatkuvasti käytössä olevissa työpisteissä ja paikoissa, joissa turvavärit täytyy pystyä tunnistamaan. Standardi SFS 12464-1 määrittää eri työtehtävissä vaadittavat Ra-indeksien arvot tarkemmin. Hehku- lamppujen ja halogeenilamppujen Ra-indeksi on 100. Loistelamppujen värintoistoindeksi ilmaistaan lampputyypissä.

(Enstopro Värintoisto)

## 4.8 Valaistusstandardi SFS 12464-1:2011

Standardi määrittelee vaatimukset sisätilojen valaistukselle. Tässä luvussa käydään läpi standardin vaatimukset opinnäytetyön tilojen valaistukselle.

### 4.8.1 Työalueet

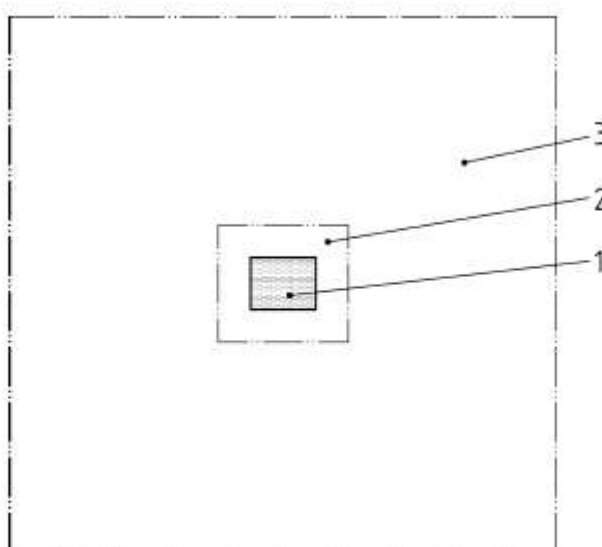
Työalueen koko ja sijainti tulisi määritellä ja dokumentoida.

Työpisteissä, joissa työalueen /-alueiden kokoa ja/tai sijaintia ei tunneta, on joko:

- koko aluetta käsiteltävä työalueena tai
- koko alue valaistaan tasaisesti ( $U_o \geq 0,40$ ) suunnittelijan määrittelemään valaistusvoimakkuuteen, jos työalue tulee tunnetuksi, valaistussuunnitelma on tehtävä uudelleen vaadittujen valaistusvoimakkuuksien saavuttamiseksi.

Jos työn tyyppiä ei tunneta, suunnittelijan on tehtävä oletuksia todennäköisistä tehtävistä ja määriteltävä työn asettamat vaatimukset.

(SFS-EN 12464-1 2011, 18.)



#### Selite

- 1 työalue
- 2 välitön lähiympäristö (vähintään 0,5 m leveä vyöhyke näkökentässä työalueen ympärillä)
- 3 tausta-alue (vähintään 3 m leveä välitöntä lähiympäristöä ympäröivä alue tilan asettamissa rajoissa)

Kuva 22. Työalueen, välittömän lähiympäristön ja tausta-alueen määrittely.  
(SFS-EN 12464-1 2011, 20.)

#### 4.8.2 Työalueen valaistusvoimakkuus

Alla olevasta taulukosta nähdään standardin asettamat valaistusvoimakkuusvaatimukset opetustiloille ja käytäville. Tiloja voidaan käyttää iltaisin ja aikuisopiskelijoiden opetukseen, joten taulukon mukaan luokkahuoneisiin vaadittaisiin työtasoille 500 lx. Käytävillä ei ole erikseen työtasoja, joten kuten kappaleessa työalueet käsiteltiin, niin tila valaistaan tasaisesti koko käytävän mitalta 100 luksilla. Y-kampuksella on kaksi tilaa, joita voisi ajatella luentosaleina ja näin ollen näihin tiloihin tarvittaisiin 500 lx valaistusvoimakkuus. Tietokoneluokkiin taulukon mukaan tarvitaan 300 luksin valaistus. Osaa tiloista esimerkiksi Y-kampuksen ”aitauskoppeja” voisi pitää oppilaiden kokoontumistiloina, jolloin niihin riittäisi 200lx.

Taulukko 2. Opetustilojen valaistusvoimakkuudet (SFS-EN 12464-1 2011, 60)

Taulukko 5.36 Opetustilat – Opetusrakennukset

Viitenro.	Tila, tehtävä tai toiminta	$E_m$ lx	$UGR_L$ –	$U_o$ –	$R_a$ –	Erityisvaatimukset
5.36.1	Luokkahuoneet, opetustilat	300	19	0,60	80	Valaistuksen tulisi olla säädettävä
5.36.2	Luokkahuoneet iltaikäytössä ja aikuisopiskelijoille	500	19	0,60	80	Valaistuksen tulisi olla säädettävä
5.36.3	Auditorio, luentosali	500	19	0,60	80	Valaistuksen tulisi olla säädettävä erilaisiin A/V -tarpeisiin
5.36.4	Liitutaulut ja kirjoitustaulut	500	19	0,70	80	Suuntaheijastumisia on vältettävä Esiintyjä/opettaja on valaistava sopivalla pystysuoralla valaistusvoimakkuudella
5.36.5	Havaintopöytä	500	19	0,70	80	Luentosaleissa 750 lx
5.36.6	Piirustussalit	500	19	0,60	80	
5.36.7	Piirustussalit taidekoulussa	750	19	0,70	90	5 000 K < $T_{CP}$ 6 500 K.
5.36.8	Teknisen piirustuksen salit	750	16	0,70	80	
5.36.9	Harjoitussalit ja laboratoriot	500	19	0,60	80	
5.36.10	Kasityöluokat	500	19	0,60	80	
5.36.11	Teknisen työn opetustilat	500	19	0,60	80	
5.36.12	Musiikkiluokat	300	19	0,60	80	
5.36.13	ATK-luokat (valikko-ohjaus)	300	19	0,60	80	Tietokonenäytöt, katso 4.9
5.36.14	Kielistudiot	300	19	0,60	80	
5.36.15	Valmisteluhuoneet ja työpajat	500	22	0,60	80	
5.36.16	Sisäkäytävähallit	200	22	0,40	80	
5.36.17	Kulkuväylät, käytävät	100	25	0,40	80	
5.36.18	Portaat	150	25	0,40	80	
5.36.19	Oppilaiden yhteistilat ja kokoontumistilat	200	22	0,40	80	
5.36.20	Opettajainhuoneet	300	19	0,60	80	
5.36.21	Kirjasto: kirjahyllyt	200	19	0,60	80	
5.36.22	Kirjasto: lukutilat	500	19	0,60	80	
5.36.23	Opetusvälinevarastot	100	25	0,40	80	
5.36.24	Urheiluhallit, voimistelusalit, uima-altaat	300	22	0,60	80	Katso harjoitustilanteita varten EN 12193.
5.36.25	Kouluruokat	200	22	0,40	80	
5.36.26	Keittio	500	22	0,60	80	

### 4.8.3 Lähi- ja tausta-alueen valaistusvoimakkuus

Suuret valaistusvoimakkuuden vaihtelut työalueen ympäristössä saattavat aiheuttaa silmien väsymistä ja epämukavuuden tunnetta. Välittömän lähiympäristön valaistusvoimakkuuden tulee olla suhteessa työalueen valaistusvoimakkuuteen ja sen tulisi saada aikaan tasapainoinen luminanssijakauma näkökentässä. Välittömän lähiympäristön tulisi olla vähintään 0,5 m levyinen vyöhyke näkökentässä työalueen ympärillä. Välittömän lähiympäristön valaistusvoimakkuus voi olla alhaisempi kuin työalueella, mutta se ei saa alittaa taulukossa 1 annettuja arvoja. Työalueen valaistusvoimakkuuden lisäksi valaistuksen tulee tuottaa sopiva kappaleen 4.2 mukainen sopeutumisluminanssi. Välittömän lähiympäristön koko ja sijainti tulisi määritellä ja dokumentoida.

(SFS-EN 12464-1 2011, 20.)

Taulukko 3. Valaistusvoimakkuuksien suhde. (SFS-EN 12464-1 2011, 20.)

Taulukko 1 Työalueen ja välittömän lähiympäristön valaistusvoimakkuuksien suhde

Työalueen valaistusvoimakkuus $E_{task}$ lx	Välittömän lähiympäristön valaistusvoimakkuus lx
$\geq 750$	500
500	300
300	200
200	150
150	$E_{task}$
100	$E_{task}$
$\leq 50$	$E_{task}$



#### 4.8.4 Valaistuksen tasaisuus

Työalueella valaistusvoimakkuuden tasaisuuden ( $U_o$ ) tulee olla vähintään kappaleen 5 taulukoissa esitettyjen arvojen mukainen. Valaistaessa keinovalolla tai kattoikkunoilla valaistusvoimakkuuden tasaisuuden tulee olla:

— välittömässä lähiympäristössä  $U_o \geq 0,40$

— tausta-alueella  $U_o \geq 0,10$ .

Valaistus ikkunoista:

— laajemmilla alueilla, toiminnallisilla alueilla ja tausta-alueilla saatavilla oleva päivänvalo vähenee nopeasti etäisyyden ikkunasta kasvaessa; päivänvalon lisäedut voivat kompensoida tasaisuudessa olevia puutteita.

(SFS-EN 12464-1 2011, 22.)

Lainauksessa viitatuilla kappaleen 5 taulukoilla tarkoitetaan standardin kappaletta 5. Tässä työssä käytetty taulukko on Taulukko 2.

#### 4.8.5 Kiusahäikäisy

Häikäisylle standardin asettamat raja-arvot näkyvät myös taulukosta 2. Nämä arvot tarkastetaan valaistuksen suunnitteluohjelmalla käyttäen UGR-menetelmää. Kiusahäikäisyllä tarkoitetaan liiallisen valon aikaan saamaa epämiellyttävää tunnetta silmissä. Standardissa puhutaan myös estohäikäisystä, joka myös estää näkemistä, mutta siitä ei standardin mukaan ole ongelmaa, mikäli kiusahäikäisy pysyy rajojen puitteissa.

(SFS-EN 12464-1, 24)

#### 4.8.6 Sylinterivalaistusvoimakkuus

Tila, jossa ihmiset liikkuvat tai työskentelevät, on valaistava hyvän visuaalisen viestinnän ja kohteiden tunnistamisen vuoksi. Tämä täytetään tuottamalla tilaan sopiva keskimääräinen sylinterivalaistusvoimakkuus  $E_z$ . Ylläpidettävän keskimääräisen sylinterivalaistusvoimakkuuden (keskimääräinen pystytason valaistusvoimakkuus) on oltava toiminta- ja sisätiloissa vähintään 50 lx ja tasaisuuden  $U_o \geq 0,10$  vaakatasossa määrätyllä korkeudella lattiasta, esimerkiksi istuvalle henkilölle 1,2 m korkeudella ja seisovalle henkilölle 1,6 m korkeudella lattian yläpuolella. HUOM. Tiloissa, joissa hyvä visuaalinen kommunikaatio on tärkeää, erityisesti toimisto-, neuvottelu- ja opetustiloissa,  $E_z$  tulee olla vähintään 150 lx ja tasaisuuden  $U_o \geq 0,10$ .

(SFS-EN 12464-1 2011, 26.)

#### 4.8.7 Muodonanto

Tilan yleisvaikutelma paranee, kun sen rakenteelliset yksityiskohdat sekä siinä olevat ihmiset ja esineet valaistaan niin, että muoto ja tekstuuri tulevat selkeästi ja miellyttävästi esille. Valaistus ei saa olla liian suunnattua, jolloin muodostuu teräviä varjoja. Valaistus ei myöskään saa olla liian diffuusi, koska tällöin muodonanto katoaa kokonaan, mikä johtaa erittäin yksitoikkoiseen luminanssiympäristöön. Suunnatusta useammasta kuin yhdestä lähteestä tulevasta valosta aiheutuvia moninkertaisia varjoja tulisi välttää, koska se aiheuttaa sekavan visuaalisen vaikutelman. Muodonanto kuvaa diffuusin ja suoran valaistuksen välistä tasapainoa ja siihen tulisi kiinnittää huomiota.

HUOM. 1 Sylinteri- ja vaakatason valaistusvoimakkuuksien suhde jossain pisteessä antaa käsityksen muodonannosta. Sylinteri- ja vaakatason valaistusvoimakkuuksilla tulisi olla yhtenevä laskentaruudukko.

HUOM. 2 Tasaisesti sijoitetuille valaisimille tai kattoikkunoille sylinteri ja vaakatason valaistusvoimakkuuden välisen suhteen 0,3 ja 0,6 välillä oleva arvo on osoitus hyvästä muodonannosta.

HUOM. 3 Päivänvalo jaetaan ikkunoista pääasiassa vaakatasossa. Päivänvalon lisäedut voivat kompensoida sen negatiivista vaikutusta muodonantoon ja päivänvalolle muodonannon vaihteluväli voi olla esitettyä laajempi.  
(SFS-EN 12464-1 2011, 28.)

#### **4.8.8 Värintoisto**

Näkötehokkuuden, mukavuuden ja hyvinvoinnin vuoksi ympäristön, siinä olevien kohteiden ja ihmisten ihon värien tulee toistua luonnollisena, oikeana ja tavalla, joka saa ihmiset näyttämään miellyttäviltä ja terveiltä. Valonlähteiden värintoisto-ominaisuuksien tasapuolista määrittämistä varten on kehitetty yleinen värintoistoindeksi Ra. Sen suurin arvo on 100.

(SFS-EN 12464-1 2011, 30.)

Standardin vaatimat Ra-arvot tiloille näkyvät taulukosta 2.

## 5 VALAISTUSSUUNNITTELU TAMKIN C-TALOON

Luku sisältää tarvemäärityksen, kohteiden havainnoinnin, valaistuslaskennat ja kustannusarvion valaisimille ja ohjauslaitteille.

### 5.1 Ymmärtäminen

Työn aluksi käytiin läpi tilaajan kanssa, että mitä työllä olisi tarkoitus saada aikaiseksi. Tilaajan edustajina tässä tapauksessa oli kiinteistöpäällikkö ja kiinteistöhuollon sähkömestari. Työn lähtökohtana oli, että TAMK:n C-rakennuksen valaistukselle olisi hyvä tehdä päivitys ja sitä varten tarvittaisiin arvio kustannuksista ja hyödyistä. C-rakennuksen nykyiset valaisimet ei ole huonoja, joten päivityksen pitäisi varmasti energiatehokkuutta ajatellen olla LED-valaistus. Ohjaukset pääosin tällä hetkellä ovat 1-10V himmennykset ja päälle/pois- painikkeet, joten tuleva ohjaus voisi olla DALI, jotta ohjauksiin saadaan läsnäolotunnistus ja vakiovalo-ohjaus. Tavoitteena on siis suunnitella uudet valaisimet ja niille modernit ohjaukset. Materiaalikustannuksista täytyy tehdä hinta-arvio ja laskea uuden järjestelmän hyödyt ja takaisinmaksuaika.

### 5.2 Havainnointi

Kohteen havainnointia varten saatiin oikeudet päästä käsiksi rakennuksen pohja- ja sähköpiirustuksiin. Sähköihin liittyen etsittiin vanhoista dokumenteista myös rakennuksen valaisinluettelo. Piirustukset ovat ajalta, jolloin Y-kampus oli vielä kirjasto käytössä, joten ne eivät täysin vastaa todellisuutta. Osassa kerroksista oli joitain luokkia jaettu kahteen pienempään tilaan, mutta kuviin tämä päivitys ei ollut edennyt. Tämän johdosta paikan päällä täytyi käydä useampaan otteeseen ottamassa kuvia tiloista. Vanhoista valaisimista ei netistä löytynyt tietoja, vaikka valaisimien valmistajat ja mallit löytyvätkin valaisinluettelosta. Korvaavia valaisimia miettiessä olikin siis pakko käydä mittanauhalla mittaamassa valaisimien fyysisiä muotoja, jotta korvaavat valaisimet olisi mahdollista sijoittaa vanhojen tilalle ilman suurempia ongelmia.

### 5.3 Visualisointi

Kohteen visualisointi tehtiin Dialux Evo -ohjelmalla, jolla oli tarkoitus laskea valaistusarvoja tarkasteltavasta kohteesta. Tilan mallinnuksesta tehtiin mahdollisimman tarkka, jotta ohjelman valaistuskalkulat olisivat mahdollisimman lähellä todellisuutta.

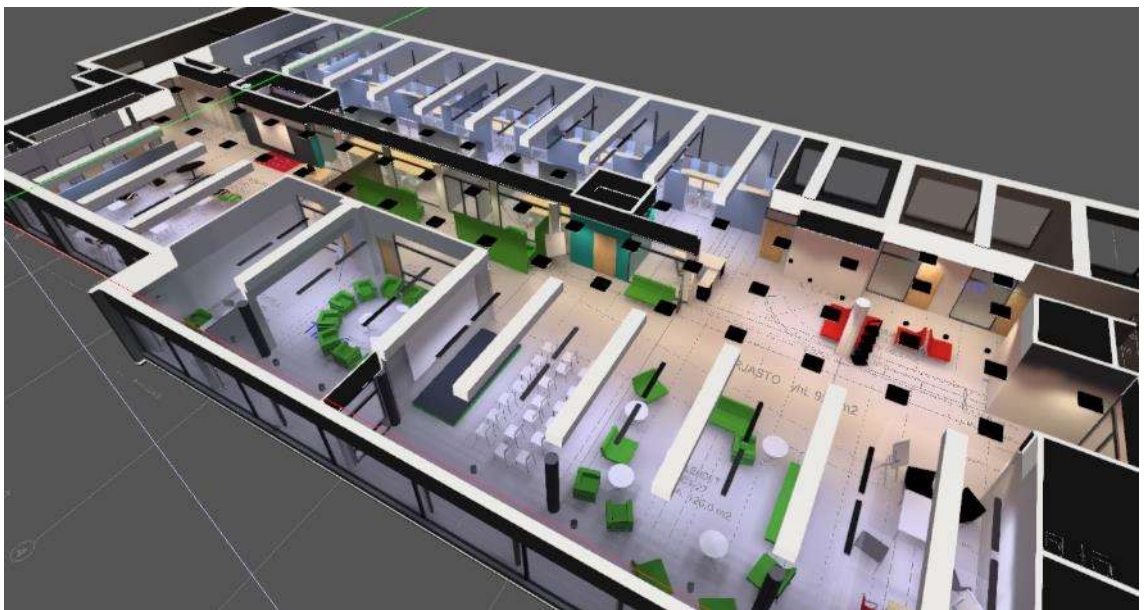
Mallinnusta aloittaessa kuvaan on hyvä laittaa pohjaksi rakennuksen pohjapiirustus, jotta rakennus saadaan mallinnettua mahdollisimman helposti. Väritys ja sisustus eivät näy piirustuksissa, joten näitä asioita varten otettiin paljon valokuvia ja tehtiin mallinnusta niiden avulla eteenpäin (kuvat 23, 24 ja 25).



Kuva 23. Valokuva Y-kampukselta



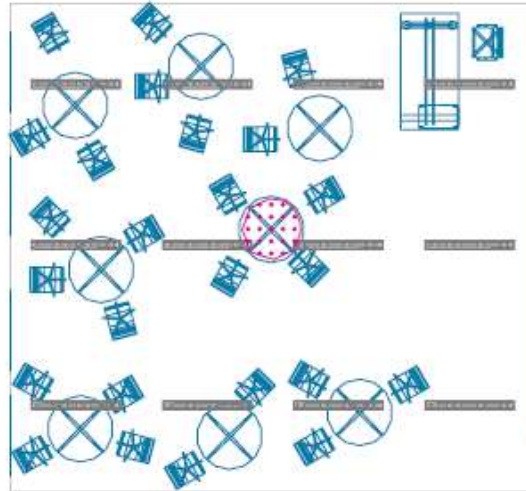
Kuva 24. Kuvakaappaus Evosta Y-kampukselta



Kuva 25. Kuvakaappaus Evosta Y-kampuksesta

Visualisoinnin yhteydessä tehtiin rakennukseen laskelmat ja niistä tarkistettiin, että tiloihin saatavat arvot ovat kelvollisia (kuvat 26, 27 ja 28).

## C2-03 työtaso / Kohtisuora valaistusvoimakkuus



C2-03 työtaso: Kohtisuora valaistusvoimakkuus (Rasteri)

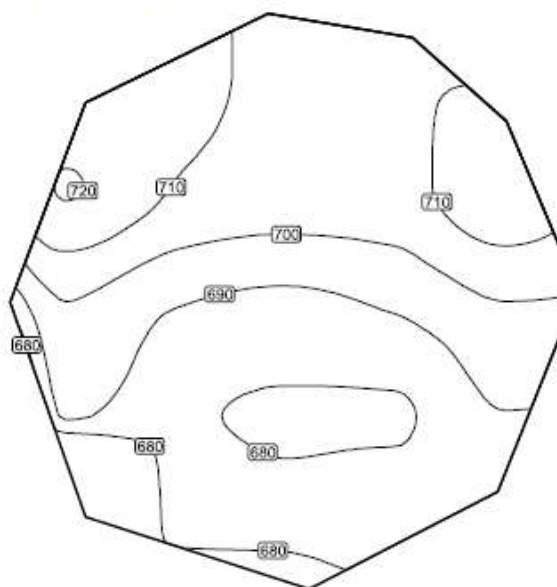
Valaistustilanne: Valaistustilanne 1

Keski: 697 lx, Min.: 679 lx, Maks.: 721 lx, Min./keskim.: 0.97, Min./ maks.: 0.94

Korkeus: 0.725 m

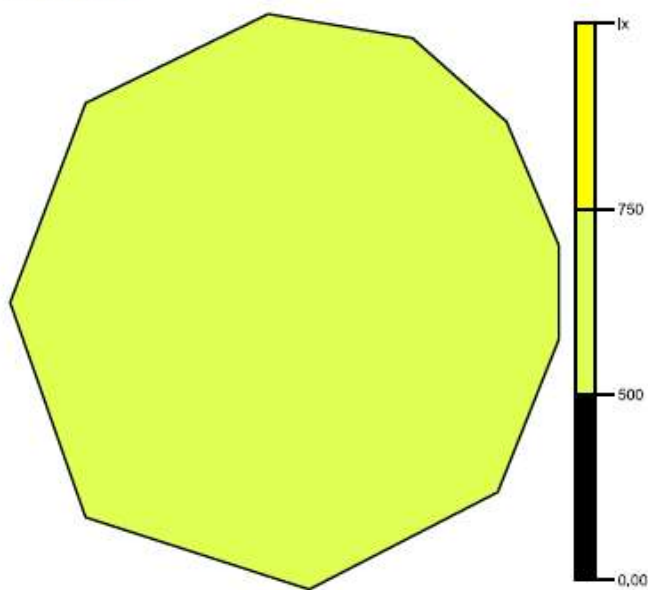
Kuva 26. Esimerkkikuva dialuxista saatavista dokumenteista sivu 1/3

## Isolux-käyrät [lx]



Mittakaava: 1 : 10

## Värvärit [lx]

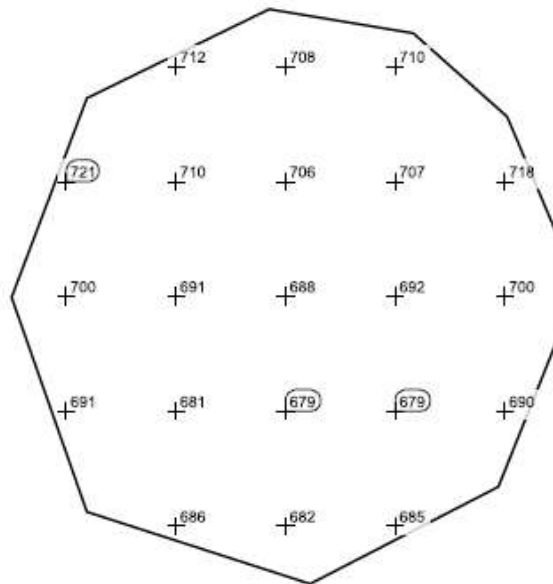


Mittakaava: 1 : 10

Kuva 27. Esimerkkikuva dialuxista saatavista dokumenteista sivu 2/3



## Arvorasteri [lx]



Mittakaava: 1 : 10

## Arvotaulukko [lx]

m	-0.484	-0.283	-0.082	0.119	0.320
0.375	/	712	708	710	/
0.164	721	710	706	707	718
-0.046	700	691	688	692	700
-0.257	691	681	679	679	690
-0.467	/	686	682	685	/

Kuva 28. Esimerkkikuva dialuxista saatavista dokumenteista sivu 3/3

## 5.4 Arviointi

Tässä kohtaa työtä arvioidaan ja mietitään sopivat komponentit, tehdään valaistuslaskelmat ja kustannusarviot.

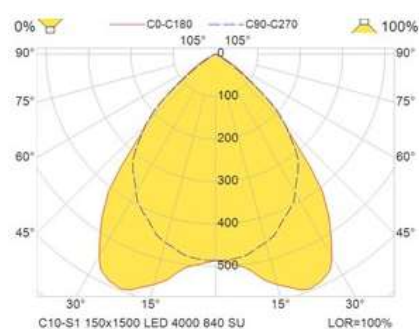
### 5.4.1 Valaisimet

Kun mallinnus on siinä pisteessä, että sinne voi alkaa suunnittelemaan valaisimia, alkaa eri valaisimien valinta. Valaisimien valinnan kriteerit tässä tapauksessa olivat:

- Valonlähde, LED.
- Ohjaustapa, DALI.
- Valotehokkuus, riittävä
- Fyysinen koko, mahdollisimman sama kuin korvattavan valaisimen.

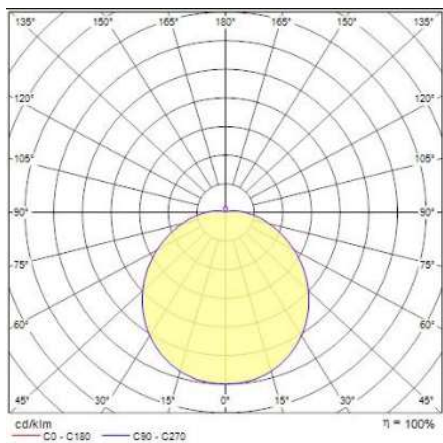
Näillä kriteereillä kohteeseen valittiin seuraavat valaisimet:

Positioiden 1, 18, 31, 32, 33, 34 ja 36 ripustinvalaisimet korvaa Glamox Luxon C10-S1 150X1500 LED 4000 840 SU. Tässä valaisimessa ei ole vakiona mukana ripustimia ja ripustettuna ne vaativat tasapainon, joten ne on tilattava erikseen valaisimen mukaan.



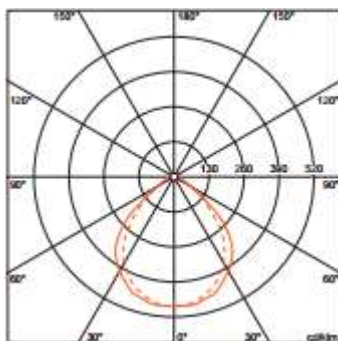
Kuva 27. Glamox Luxo C10-S1 150X1500 LED 4000 840 SU. (Glamox, tuotteet)

Position 3 kattovalaisimen korvaa Giotto LED 335 Surface 3000K DALI Lumiancelta.



Kuva 28. Lumiance Giotto LED 335. (Feilosylvania, products)

Position 4 moduulivalaisimien tilalle tulee, Osramin tytäryhtiön, Sitecon valmistava moduulivalaisinmalli Mira LED 600x600 42W 840 DALI.



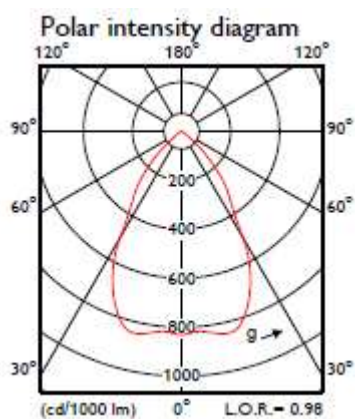
Kuva 29. Siteco Mira LED M600. (Siteco, products)

Position 22 eli käytävien valaisimet korvataan Philipsin Coreline-sarjan SM120V LED37S/840 PSD W20L120. Valaisin on pintaan kiinnitettävä, joten vanhojen upotusaukkojen päälle pitäisi laittaa pari lautaa tai pellinpalasta, joihin valaisimet ruuvattaisiin kiinni.



Kuva 30. Philips Coreline SM120V LED37S/840 PSD W20L120.(Philips, sisävalaisimet)

Position 24 alasvalot korvataan Philipsin GreenSpace-sarjan DN471B LED20S/830 PSED-E CU3 W- alasvalolla. Valaisimen halkaisija on saman kokoinen korvattavan mallin kanssa, joten alakattotöiltä pitäisi välttyä.



Kuva 31. Philips GreenSpace 2 DN471B LED20S/830 PSED-E CU3 W.(Philips, sisävalaisimet)

### 5.4.2 Ohjauslaitteet

Tilojen ohjauslaitteita mietittäessä tulee ottaa huomioon, miten tiloja käytetään ja minkälaiset ohjaukset ovat tilassa hyödyllisiä, niin energiansäästön, kuin myös käyttömukavuuden kannalta.

Y-kampuksen tiloissa on monenlaista toimintaa, jotka kaipaisivat niille sopivaa valaistuksen ohjausta. Ryhmätyökoppialueella on rajattu kahdeksan ryhmätyö ”huonetta” seinillä, joihin ei ole mahdollista asentaa kiinteitä asennuksia. Näihin tiloihin olisi hyvä saada asennettua säätimet, joilla voisi tilan yläpuolella olevia valaisimia säätää tarpeen mukaan. Tähän sopiva ratkaisu on Enoceanin langatonta järjestelmää tukevat Eltakon valmistamat langattomat FMH4-rw-painikkeet, joilla lähetetään signaali Helvarin Digidim 434-vastaanottimeen. Sama ratkaisu olisi sopiva myös lasikoppeihin.



Kuva 32. FMH4-rw-painike. (Eltako, katalogit)



Kuva 33. Helvar 434-vastaanotin. (Helvar tuotteet)

Vanhojen kytkimien tilalle voisi laittaa koko rakennuksessa esim. Helvarin valmistamia Digidim 135W- painikkeistoja, joilla voidaan kutsua 4 eri valaisutilannetta, kirkastaa tai himmentää valaistusta ja sulkea valot.



Kuva 34. Helvar 135W. (Helvar, tuotteet)

Energiansäästön kannalta opetustiloissa ja käytävissä olisi hyvä olla liiketunnistimia ja vakiovalonsäätö. Liiketunnistimina tiloissa missä pääasiassa kävellään liiketunnistimiksi sopisi hyvin Helvarin 311 PIR-tunnistimet.



Kuva 35. Helvar 311. (Helvar, tuotteet)

Tiloihin joissa istutaan PIR-tunnistimet voivat olla hieman huonoja havaitsemaan liikettä, joten niihin tiloihin olisi hyvä laittaa tarkemmat tunnistimet, kuten Helvarin 313-mikroaaltotunnistimet.



Kuva 36. Helvar 313. (Helvar, tuotteet)

Vakiovaloantureiksi tiloihin voisi laittaa Helvarin 312 multisensoreita, joissa on itsessään myös PIR-tunnistimet.



Kuva 37. Helvar 312. (Helvar, tuotteet)

### 5.4.3 Keskuskomponentit

Keskuskomponentteja päätettäessä tulee laskea DALI-väylään liitettävien laitteiden määrä ja DALI-väylän virrankulutus. Eri laitteet väylässä kuluttavat eri suuruisen virran ja väylään saa liittää vain 250mA virtaa laitteiden ylikuormittamisen estämiseksi. Yhden DALI-verkon laitemäärä rajautuu 64-laitteeseen, mutta reitittimien avulla verkkoja voidaan yhdistää suuremmiksi kokonaisuuksiksi.

Helvarin DALI-reitittimeen 910 saa liitettyä kaksi DALI-ryhmää, eli yhteensä jopa 128 laitetta. Reititin on mahdollista liittää verkkoon ja yhteen toisien reitittimien kanssa, jolloin voidaan rakentaa suurempia DALI-järjestelmiä.



Kuva 38. Helvar reititin 910. (Helvar, tuotteet)



#### 5.4.4 Kustannusarviot, hyödyt ja takaisinmaksuajat

Kustannusarviota tehdessä on alkuun selvitettävä järjestelmän laitteiden hinnat ja laitemäärät. Tuotteiden hinnat on katsottu SLO:n sivuilta ja yrityksenä tilatessa näihin hintoihin saadaan vielä kanta-asiakasalennus. Alennuksen määrä selviää, kun tarjouspyyntöön saadaan vastaus, mutta edellisessä samantyyllisessä projektissa alennus oli 33%, jonka mukaan alustavat kustannusarviot on tehty (taulukko 4, liitteet 1-5).

Taulukko 4. Laitemäärät ja hinnat.

	Valmistaja	Malli	Sähkönnumero	Määrä (kpl)	kpl. Hinta(€)	Hinta (€) yht.
Valaisin	Glamox luxo	C10-S1 150x1500LED4000HF840 SU	42 412 22	387	232	89784
Ripustin	Glamox	Vaijeriripustin - MNT V1 W1.5 1,5m 1-putkiselle	42 405 92	387	14,9	5766,3
Tasapaino	Glamox	Tasapaino C10/20-S1 WEIGHT 2LAMP HF	42 405 71	387	4,1	1586,7
Valaisin	Osram/ Siteco	MIRA LED 600x600 42W 840 DALI	42 928 33	54	461	24894
Valaisin	Lumiance	3032874 IP44 19W/3K LED Dali	42 702 53	11	298	3278
Valaisin	Philips	GreenSpace 2 alasvalo DN471B LED20S/830 PSED-E CU3 W	42 598 29	10	188	1880
Valaisin	Philips	CoreLine pinta-/ripustusvalais SM120V LED37S/840 PSD W20L120	42 597 01	73	235	17155
Painike	Eltako	Painike langaton 2 vipua/4sign FMH4-rw Enocan 43x43x16 valk	28 140 85	11	48,7	535,7
Vastaanotin	Helvar	434 Enocan	26 021 13	2	1000	2000
Painikkeisto	Helvar	135W 7-painikkeisto VA	26 020 22	39	215	8385
Multisensori	Helvar	312 multisensori	26 020 55	70	165	11550
Asennuskehys	Helvar	Digdim DALI 312 SBB-C Pinta-asennuskehys	26 021 03	62	37,5	2325
PIR-tunnistin	Helvar	Digdim DALI PIR tunnistin 311 PIR tunnistin	26 020 54	39	122	4758
Tunnistin	Helvar	Digdim DALI Mikroaaltotutka 313 mikroaaltotunnistin matala	26 020 56	43	245	10535
Asennuskehys	Helvar	Digdim DALI 311, 313 ja 317 SBB-A Pinta-asennuskehys	26 021 01	43	10,7	460,1
Reititin	Helvar	Digdim DALI Reititin 910 reititin 2DALI-alue 64+64	26 020 79	10	1320	13200
				yht.		198092,8
					-33 %	132722,176

Hyötyjä laskiessa otetaan huomioon vanhojen valaisimien kuluttama sähköteho verrattuna uusiin. Ohjauksesta saatavat energiasäästöt ovat arvioita, jotka perustuvat muissa samantyyllisissä projekteissa saatuihin säästöihin, valoisaan aikaan vuodessa ja siihen kuinka hyvin sitä käytetään. Seuraavissa arvioissa on ajateltu säästöiksi 50 % kulutuksesta vuodessa vakiovalonsäädön ja liiketunnistimien ansiosta (taulukot 5 ja 6, liitteet 6-9). Sähkön hinnaksi on arvioitu 10 snt/kWh siirtokuluineen.

Taulukko 5. Kerros 1, nykyiset energiakustannukset

Kerros 1	Valaisin p	Määrä	W/valaisin	W yht.	h/vrk	vrk/a	kWh/a	€/a
	1	29	105	3045	8	230	5602,8	560,28
	36	30	70	2100	8	230	3864	386,4
	4	54	80	4320	8	230	7948,8	794,88
	3	11	38	418	8	230	769,12	76,912
	24	10	32	320	8	230	588,8	58,88
			yht.	10203				1877,352

Taulukko 6. Kerros 1, uusien valaisimien energiakustannukset

Kerros 1	uusi							
	Valaisin p	Määrä	W/valaisin	W yht.	h/vrk	vrk/a	kWh/a	€/a
	1	29	31	899	8	230	1654,16	165,416
	36	30	31	930	8	230	1711,2	171,12
	4	54	31	1674	8	230	3080,16	308,016
	3	11	19	209	8	230	384,56	38,456
	24	10	19	190	8	230	349,6	34,96
			yht.	3902				717,968
					Ohjaukset huomioiden			358,984

Näistä taulukoista voidaan laskea säästöiksi sähkölaskuissa vuositasolla 1518€. Jos laitteiden hankintahintaan saadaan 33% alennus tulee niiden kustannus 1.kerroksessa olemaan 39 530€ ja takaisinmaksuaika näille olisi n.26v.

Samaan tapaan laskien saadaan laskettua kerroksille arvot alla olevaan taulukkoon (taulukko 7).

Taulukko 7. Yhteenveto

	Säästö(€)	Hinta(€)	Maksuaika (a)
1.krs	1518	38958	25,66403162
2.krs	1743	35751	20,51118761
3.krs	1166	31557	27,06432247
4.krs	1212	26045	21,48927393
yht.	5639	132311	23,46355737

## 6 POHDINTA

Tämän työn tavoite oli tutkia Tampereen ammattikorkeakoulun C-rakennuksen opetustilojen valaistusta, miettiä niille korvaava valaistusjärjestelmä ja tehdä sille kustannusarviot. Tilojen uusille valaistuksille oli annettu erityisvaatimuksia, kuten energiatehokkaampi ratkaisu kuin korvattava, LED valonlähteet ja DALI-väyläohjaus. Työssä havaittiin, että nykyaikaisemmilla ohjaustavoilla ja valaisimilla voidaan vaikuttaa valaistusjärjestelmän energiatehokkuuteen hyvin paljon, mutta investointikustannuksien takia järjestelmän takaisinmaksuaika muodostuu pitkäksi.

Työssä käydään läpi valaistukseen liittyviä perussuureita, joiden avulla voidaan ymmärtää standardin esittämiä vaatimuksia. Standardin esittämät vaatimukset on työssä myös käyty lävitse ja niistä nähdään minkälaiset tilojen valaistusten tulisi vähintään olla. Laskelmia varten otetaan selvää, mitä laitteita DALI-ohjausväylään olisi hyvä liittää, jotta saadaan aikaan mahdollisimman energiatehokas ohjausjärjestelmä. Valaistusjärjestelmän energiatehokkuuden arvioimisessa tutkittiin valolähteiden energiankulutuseroja ja ohjausjärjestelmän vaikutusta energiakustannuksiin arvioitiin jo toteutettujen samantyylisten rakennusten energiansäästöillä.

Työn tuloksena saatiin alustavat kustannus- ja hyötyarviot sekä takaisinmaksuajat selvitettyä. Nämä tiedot välitetään kiinteistön ylläpidosta vastuussa oleville tahoille, jotka laskelmien perusteella tekevät päätöksen kohteen tarkemmasta suunnittelusta ja toteuttamisesta.

## LÄHTEET

Enston kotisivut. Valaistuksen energiatehokkuus. Luettu 16.2.2017

<http://www.ensto.com/fi/tuki/tyokalut/valaistusopas/valaistuksen-energiatehokkuus/>

Motivan kotisivut. Valaistus viimeksi päivitetty 1.12.2016. Luettu 16.2.2017

[http://www.motiva.fi/julkinen\\_sektori/energiankayton\\_tehostaminen/valaistus](http://www.motiva.fi/julkinen_sektori/energiankayton_tehostaminen/valaistus)

Sähköturvallisuuden edistämiskeskus Valonlähteiden vertailua luettu 16.2.2017

<http://archive.is/Qn08U>

Lampputieto.fi Valovoima-Kandela Luettu 17.2.2017

<https://lampputieto.fi/lampun-valinta/lamppujen-ominaisuuksia/kandela-valovoima/>

Lampputieto.fi Valaistusvoimakkuus-Luksi luettu 17.2.2017

<https://lampputieto.fi/lampun-valinta/lamppujen-ominaisuuksia/luksi-valaistusvoimakkuus/>

Innolux.fi Valaistussuunnitteluopas 2014 luettu 20.2.2017

[http://www.innolux.fi/sites/default/files/Valaistussuunnitteluopas\\_RGB.pdf](http://www.innolux.fi/sites/default/files/Valaistussuunnitteluopas_RGB.pdf)

Limente.fi Värilämpötila luettu 20.2.2017

<http://www.limente.fi/varilampotila>

EnstoPro Valovirta luettu 20.2.2017

<http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojak-sot/0705016/1228387313247/1228397989485/1228398034451/1228398095075.html>

EnstoPro Värintoisto luettu 20.2.2017

<http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojak-sot/0705016/1228387313247/1228397989485/1228398056227/1228463236219.html>

SFS-EN 12464-1. 2011. Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus. Osa 1: Sisätilojen työkohteiden valaistus.

EnstoPro Valaistusvoimakkuus luettu 17.4.2017

<http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojak-sot/0705016/1228387313247/1228397989485/1228398034451/1228398124022.html>

Laatuvalo Suunnitteluprosessi luettu 17.4.2017

<http://www.laatuvalo.fi/suunnitteluprosessi>

LIITTEET

Liite 1. Laitteet 1.krs

Kerros 1									
		Valmistaja	Malli	Sähkönumero	Määrä (kpl)	kpl. hinta(€)	Hinta (€) yht.		
	Valaisin	Glamox luxo	C10-S1 150x1500LED4000Hf840 SU	42 412 22	59	232	13688		
	Ripustin	Glamox	Vaijeriripustin - MNT V1 W1.5 1,5m 1-putkiselie	42 405 92	59	14,9	879,1		
	Tasapaino	Glamox	Tasapaino C10/20-S1 WEIGHT 2LAMP HF	42 405 71	59	4,1	241,9		
	Valaisin	Osram/Siteco	MIRA LED 600x600 42W 840 DALI	42 928 33	54	461	24894		
	Valaisin	Lumiance	3032874 IP44 19W/3K LED Dali	42 702 53	11	298	3278		
	Valaisin	Philips	GreenSpace 2 alasvalo DN471B LED205/830 PSED-E CU3 W	42 598 29	10	188	1880		
	Painike	Eltako	Painike langaton 2 vipua/4sign FMH4-rw Enocean 43x43x16 valk	28 140 85	11	48,7	535,7		
	Vastaanotin	Helvar	434 Enocean	26 021 13	2	1000	2000		
	Painikkeisto	Helvar	135W 7-painikkeisto VA	26 020 22	9	215	1935		
	Multisensori	Helvar	312 multisensori	26 020 55	8	165	1320		
	Asennuskehys	Helvar	Digidim DAU 312 SBB-C Pintta-asennuskehys	26 021 03	5	37,5	187,5		
	PIR-tunnistin	Helvar	Digidim DAU PIR tunnistin 311 PIR tunnistin	26 020 54	11	122	1342		
	Tunnistin	Helvar	Digidim DAU Mikroaaltotutka 313 mikroaaltotunnistin matala	26 020 56	13	245	3185		
	Asennuskehys	Helvar	Digidim DAU 311, 313 ja 317 SBB-A Pintta-asennuskehys	26 021 01	13	10,7	139,1		
	Reittiin	Helvar	Digidim DAU Reittiin 910 reittiin 2DALI-alue 64+64	26 020 79	2	1320	2640		
									0
						yht.			58145,3
						-33 %			38957,351

## Liite 2. Laitteet 2.krs

Kerros 2									
		Valmistaja	Malli	Sähkönumero	Määrä (kpl)	kpl. Hinta(€)	Hinta (€) yht.		
	Valaisin	Philips	Coreline pinta-/riipustusvalais SM120V LED37S/840 PSD W20L120	42 597 01	23	235	5405		
	Valaisin	Glamox Luxo	C10-S1 150x1500LED4000HF840 SU	42 412 22	133	232	30856		
	Riipustin	Glamox	Vaijeririipustin - MNT V1 W1.5 1,5m 1-putkiselälle	42 405 92	88	14,9	1311,2		
	Tasapaino	Glamox	Tasapaino C10/20-S1 WEIGHT 2LAMP HF	42 405 71	88	4,1	360,8		
	Multisensori	Helvar	312 multisensori	26 020 55	26	165	4290		
	Asennuskehys	Helvar	Digidim DALI 312 SBB-C Pinta-asennuskehys	26 021 03	24	37,5	900		
	Tunnistin	Helvar	Digidim DALI Mikroaaltotutka 313 mikroaaltotunnistin matala	26 020 56	11	245	2695		
	PIR-tunnistin	Helvar	Digidim DALI PIR tunnistin 311 PIR tunnistin	26 020 54	9	122	1098		
	Asennuskehys	Helvar	Digidim DALI 311, 313 ja 317 SBB-A Pinta-asennuskehys	26 021 01	11	10,7	117,7		
	Painikkeisto	Helvar	135W 7-painikkeisto VA	26 020 22	11	215	2365		
	Reitin	Helvar	Digidim DALI Reitin 910 reitin 2DALI-alue 64+64	26 020 79	3	1320	3960		
						yht.	53358,7		
						-33 %	35750,329		

## Liite 3. Laitteet 3.krs

Kerros 3									
		Valmistaja	Malli	Sähkönumero	Määrä (kpl)	kpl.	Hinta(€)	Hinta (€) yht.	
	Valaisin	Glamox luxo	C10-S1 150x150ULED4000HF840 SU	42 412 22	107		232	24824	
	Ripustin	Glamox	Vaijeriripustin - MNT V1 W1.5 1,5m 1-putkiselle	42 405 92	88		14,9	1311,2	
	Tasapaino	Glamox	Tasapaino C10/20-S1 WEIGHT 2LAMP HF	42 405 71	88		4,1	360,8	
	Valaisin	Philips	Coreline pinta-/ripustusvalais SMI20V LED375/840 PSD W20L120	42 597 01	25		235	5875	
	Painikkeisto	Helvar	135W 7-painikkeisto VA	26 020 22	11		215	2365	
	Painnesensori	Helvar	312 multisensori	26 020 55	19		165	3135	
	Asennuskehys	Helvar	Digidim DALI 312 SBB-C Pinta-asennuskehys	26 021 03	17		37,5	637,5	
	PIR-tunnistin	Helvar	Digidim DALI PIR tunnistin 311 PIR tunnistin	26 020 54	10		122	1220	
	Tunnistin	Helvar	Digidim DALI Mikroaaltotutka 313 mikroaaltotunnistin matala	26 020 56	11		245	2695	
	Asennuskehys	Helvar	Digidim DALI 311, 313 ja 317 SBB-A Pinta-asennuskehys	26 021 01	11		10,7	117,7	
	Reitin	Helvar	Digidim DALI Reitin 910 reitin 2DALI-alue 64+64	26 020 79	3		1320	3960	
						yht.		46501,2	
						-33 %		31155,804	

## Liite 4. Laitteet 4.krs

Kerros 4									
	Valmistaja	Malli	Sähkönumero	Määrä (kpl)	kpl. Hinta(€)	Hinta (€) yht.			
	Valaisin	Glamox Luxo	C10-S1 150x150ULED4000HF840 SU	88	232	20416			
	Ripustin	Glamox	Vaijeriripustin - MNT V1 W1,5 1,5m 1-putkiselie	88	14,9	1311,2			
	Tasapaino	Glamox	Tasapaino C10/20-S1 WEIGHT 2LAMP HF	88	4,1	360,8			
	Valaisin	Philips	CoreLine pinta-/ripustusvalais SM120V LED375/840 PSD W20L120	25	235	5875			
	Painikkeisto	Helvar	135W 7-painikkeisto VA	8	215	1720			
	Painisensori	Helvar	312 multisensori	17	165	2805			
	Asennuskehys	Helvar	Digidim DALI 312 SBB-C Pinta-asennuskehys	16	37,5	600			
	PIR-tunnistin	Helvar	Digidim DALI PIR tunnistin 311 PIR tunnistin	9	122	1098			
	Tunnistin	Helvar	Digidim DALI Mikroaaltotutka 313 mikroaaltotunnistin matala	8	245	1960			
	Asennuskehys	Helvar	Digidim DALI 311, 313 ja 317 SBB-A Pinta-asennuskehys	8	10,7	85,6			
	Reitin	Helvar	Digidim DALI Reitin 910 reitin 2DALI-alue 64+64	2	1320	2640			
				yht.				38871,6	
				-33 %				26043,972	



## Liite 5. Laitteet koko rakennus

Yhteensä								
	Valmistaja	Malli	Sähkönnumero	Määrä (kpl)	kpl. Hinta(€)	Hinta (€) yht.		
	Valaisin	Glamox Luxo	C10-S1 150x150LED4000HF840 SU	387	232	89784		
	Ripustin	Glamox	Vajeriripustin - MNT V1 W1,5 1,5m 1-putkiselle	387	14,9	5766,3		
	Tasapaino	Glamox	Tasapaino C10/20-S1 WEIGHT 2LAMP HF	387	4,1	1586,7		
	Valaisin	Osram/ Siteco	MIRA LED 600x600 42W 840 DALI	54	461	24894		
	Valaisin	Lumiance	3032874 IP44 19W/3K LED Dali	11	298	3278		
	Valaisin	Philips	GreenSpace 2 alasvalo DN471B LED20S/830 PSED-E CU3 W	10	188	1880		
	Valaisin	Philips	Coreline pinta-/riipustusvalais SM120V LED37S/840 PSD W20L120	73	235	17155		
	Painike	Eltako	Painike langaton 2 vipua/4sign FMH4-rw Enocean 43x43x16 valk	11	48,7	535,7		
	Vastaanotin	Helvar	434 Enocean	2	1000	2000		
	Painikkeisto	Helvar	135W 7-painikkeisto VA	39	215	8385		
	Multisensori	Helvar	312 multisensori	70	165	11550		
	Asennuskehys	Helvar	Digidim DALI 312 SBB-C Pinta-asennuskehys	62	37,5	2325		
	PIR-tunnistin	Helvar	Digidim DALI PIR tunnistin 311 PIR tunnistin	39	122	4758		
	Tunnistin	Helvar	Digidim DALI Mikroalotututka 313 mikroalotutunnistin matala	43	245	10535		
	Asennuskehys	Helvar	Digidim DALI 311, 313 ja 317 SBB-A Pinta-asennuskehys	43	10,7	460,1		
	Reitin	Helvar	Digidim DALI Reitin 910 reitin 2DALI-alue 64+64	10	1320	13200		
					yht.	198092,8		
					-33 %	132722,176		

## Liite 6. Laskelmat 1.krs

[illegible]

## Liite 7. Laskelmat 2.krs

[illegible]

## Liite 8. Laskelmat 3.krs

[illegible]

## Liite 9. Laskelmat 4.krs

[illegible]